

Autodesk Netfabb – комплексное решение для аддитивного производства

Алексей Никулин, ведущий инженер-консультант компании “ПОИНТ”



Компания Autodesk представлена на рынке инструментов автоматизации проектирования и производства давно и широко. Количество её инструментов в этой области уже настолько велико, что перечислить все без запинки довольно сложно. И это количество постоянно растет. Причем, среди этих инструментов есть не только те, которые изначально родились

в лабораториях Autodesk. Наблюдая за потребностями отрасли и стремясь предоставлять своим пользователям только лучшие решения, Autodesk в некоторых случаях не изобретает велосипед, а приобретает готовые, надежные, лидирующие на рынке и уже зарекомендовавшие себя у пользователей инструменты других разработчиков, постепенно интегрируя их затем в свое портфолио и давая им мощный импульс к дальнейшему развитию. Чего стоят одни лишь такие имена, как Moldflow, Nastran, Delcam, Netfabb...

Не обошли в Autodesk вниманием молодую и стремительно развивающуюся область аддитивных технологий производства. В портфолио решений для этой области появился мощный комплексный инструмент “всё в одном” – Autodesk Netfabb. В этой статье будет рассмотрен весь спектр непростых вопросов, встающих перед компаниями, открывающими для себя аддитивные технологии, и широкий набор ответов, которые может дать своим пользователям новое решение компании Autodesk.

“Autodesk – первая компания, предложившая решение “всё-в-одном” для аддитивного производства, что было достигнуто путем поглощения ряда ведущих производителей ПО в этой области”.

Roland Berger Consulting

Рассмотрим, из чего складывается процесс аддитивного производства.

✓ Создание CAD-модели

Поначалу жизненный цикл “аддитивно-технологичного” изделия почти не отличается от традиционного – 3D-модели создаются теми же САПР. Правда, уже здесь у конструктора на порядок больше свободы: проектируемая деталь может быть более сложной формы, легче и функциональнее обычной.

✓ Обработка данных

Далее, скорее всего, понадобится обработка данных – конвертация, исправление сетки (при необходимости), оптимизация внутренней структуры детали и т.п.

✓ Подготовка к 3D-печати

Теперь необходимо подготовиться к печати – оптимально разместить 3D-модели деталей в рабочем пространстве принтера, добавить структуру поддержек для нависающих частей геометрии, разбить модель на слои, сгенерировать траектории инструмента под выбранную технологию печати.

✓ Собственно 3D-печать

Теперь, когда всё готово, мы, наконец, можем вывести модель на печать.

✓ Завершающая обработка

Полученная деталь, вероятно, потребует некоторой завершающей обработки – удаления временных структур и поддержек, температурной или химической обработки, зачистки и полировки поверхностей. Иногда не обойтись и без традиционного фрезерования отдельных частей. Выходной инструментальный контроль качества мы также отнесем к завершающему этапу.

Решение Autodesk Netfabb в полной мере поможет вам на трех первых стадиях этого процесса – от выхода 3D-модели из среды САПР и до входа файла модели в 3D-принтер. Надо отметить, что функционал Netfabb не всегда был таким широким. Это решение было приобретено компанией Autodesk относительно недавно, всего несколько лет назад, но с тех пор значительно развилось, пополнилось рядом новых инструментов и технологий, стало мощнейшим комплексным решением в области аддитивных технологий.

Нынешний функционал Autodesk Netfabb можно условно поделить на пять основных зон:

1 Создание 3D-модели, её исправление и доработка после САПР.

2 Оптимизация детали под аддитивное производство – с точки зрения соотношения массы/объема/прочности/технологичности. На этом этапе деталь может приобрести новые свойства (упругость, пористость, резко повысившаяся теплопроводность, гигроскопичность).

3 Подготовка модели к печати – создание системы поддержек, пакование деталей в рабочее поле принтера, “расслоёвка” и пр.

4 Анализ детали и имитация процессов печати для предсказания и исключения возможных ошибок.

5 Для этапа завершающей обработки детали *Netfabb* также может предложить собственный инструментарий. Кроме того, вследствие высокой совместимости с другими решениями *Autodesk*, он может дополняться возможностями систем *PowerMill*, *FeatureCAM* и др.

Рассмотрим эти этапы последовательно.

1. Создание 3D-модели

На предприятии, которое занимается аддитивным производством, этот этап для пользователя *Autodesk Netfabb* начинается с импортирования CAD-модели. Здесь неоценимую помощь ему окажут функционал прямого импорта данных из самых распространенных САПР других вендоров (*SOLIDWORKS*, *CATIA*, *NX*) и поддержка широкого набора нейтральных форматов. Конечно же, есть и возможность загружать в *Netfabb* модели из продуктов *Autodesk* – систем *Inventor* и *Fusion 360*.

Благодаря возможностям импортирования поверхностной и твердотельной геометрии, а также моделей в виде триангулированных сеток, пользователям *Netfabb* не придется тратить на дополнительные лицензии САПР или конверторов сторонних производителей.

3D format	Description	Import		Colors & Textures	
		Import	Export	Import	Export
3DS	Autodesk 3D Modeling Format	✓	✓	✓	
3MF	3D Manufacturing Format	✓	✓	✓	✓
AMF	Additive Manufacturing File	✓	✓		
BINVOX	Binary Voxel Format	✓	✓		
GTS	Gnu Tesselated Surfaces	✓	✓		
NCM	Autodesk Netfabb Compressed Mesh	✓	✓	✓	✓
OBJ	Wave Front OBJ	✓	✓	✓	✓
PLY	Stanford Polygon	✓	✓	✓	✓
STL	Surface Tesselation Language	✓	✓		
STL (ASCII)	Surface Tesselation Language	✓	✓		
STL (color)	Surface Tesselation Language	✓	✓	✓	✓
VRML	Virtual Reality Modeling Language	✓	✓	✓	✓
WRL		✓	✓	✓	✓
X3D	Extensible 3D-ASCII	✓	✓	✓	✓
X3DB	Extensible 3D-Binary	✓	✓	✓	✓
ZPR	Z-Print	✓	✓	✓	✓

CAD format	Description	Import
3DM	Rhino	✓
CATPART	CATIA V5	✓
CGR		✓
FBX	FBX (Autodesk Filmbox)	✓
G	PTC Granite (Creo)	✓
IGES	Initial Graphics Exchange Specification	✓
IGS		✓
JT	Jupiter File Format	✓
MODEL	CATIA V4	✓
NEU		✓
PRT	Creo Parametric / ProE	✓
XPR		✓
SLDPRT	Solidworks	✓
STEP	Standard for the Exchange of Product Model Data	✓
STP		✓
PRT	NX (Siemens)	✓
SAT	ACIS	✓
SKP	SketchUp	✓
SMT	Autodesk ShapeManager Format - ASM SMT	✓
SMB		✓
WIRE	ALIAS	✓
X_B	Parasolid	✓
X_T		✓

Кроме того, поддерживается и широкий набор форматов для передачи моделей на распространенные 3D-принтеры после так называемого “слайсинга” (или “расслоёвки”) – разбиения 3D-модели на слои, готовые для печати.

“Благодаря возможности *Netfabb* импортировать сторонние CAD-форматы, мы существенно уменьшили время на импортирование, конвертацию и исправление моделей – с примерно 15 минут до менее чем одной минуты на каждый файл. Время для нас – очень дорогой ресурс, поэтому в итоге мы получили заметный прирост”.

Майкл Хашер,
президент *Eagle Engineered Solutions*, США

Фасетные модели (в виде триангулированных сеток) часто используются в различных областях обработки трехмерных данных – в частности, при подготовке моделей к трехмерной печати. Наиболее распространенный формат для обмена трехмерной геометрией в этом виде – *STL*. Его поддерживает практически каждая программа, более или менее связанная с 3D. Обратной стороной широкой популярности этого формата является то, что каждая программа понимает его немного по-своему. Это ведет к тому, что при передаче моделей из одной системы в другую, их, скорее всего, придется частично исправлять. В процессе передачи могут возникнуть небольшие, но досадные ошибки – отверстия в оболочках модели, вывернутые нормали отдельных граней, наложения граней и т.д. Если их не устранить, это вполне может привести к ошибкам при печати или даже к невозможности печати.

На этот случай в *Netfabb* предусмотрен широкий набор инструментов для исправления каждой такой ошибки. На практике пользователю нет необходимости делать это вручную, поскольку система умеет “лечить” модели автоматически. Достаточно загрузить файл, нажать кнопку “Исправить” и выбрать нужный скрипт под конкретную модель – *Netfabb* “вылечит” её от всех известных “болячек” в течение нескольких секунд. Причем о необходимости исправительных работ система предупредит вас заранее, показав специальный значок уже в диалоговом окне открытия файла. Более того, можно запустить пакетное исправление сразу группы одновременно открываемых файлов.

Согласитесь, всегда лучше один раз инвестировать некоторое количество денег в правильное ПО и далее получать постоянную экономию времени и средств, избегая длительной ручной починки моделей или даже ошибок на этапе печати.

2. Оптимизация модели

Специальная утилита оптимизации деталей, встроенная в *Netfabb*, позволит автоматизированным способом превращать обычные CAD-модели в облегченные конструкции из оболочек и

внутренней решетчатой структуры переменной плотности, которая при этом обеспечивает необходимую надежность. Детали можно оптимизировать по массе, объему, прочности, технологичности исполнения на выбранном принтере и по еще целому ряду характеристик. Инженер даже имеет возможность изменить свойства самого материала печати – как для всей модели, так и для отдельных её участков. Можно создавать пористые участки и гладкие, упругие и жесткие, причем упругость может быть анизотропной (неодинаковой по разным осям). Перечислять свойства материала, изменение которых подвластно утилите оптимизации, можно долго, и перечень всё равно не будет полным, так как пользователи *Netfabb* постоянно открывают всё новые и новые.

Работает утилита оптимизации под управлением решателя *Autodesk Nastran*, что, согласитесь, внушает доверие к результатам. Типовой процесс оптимизации представлен на **рис. 1**.

Решение *Netfabb* уже в варианте “из коробки” поддерживает множество различных типов **заполняющих решетчатых структур** (*Selective Space Structures, 3S*). Кроме того, можно создавать и свои собственные типы подобных структур. Для этого предусмотрен специальный

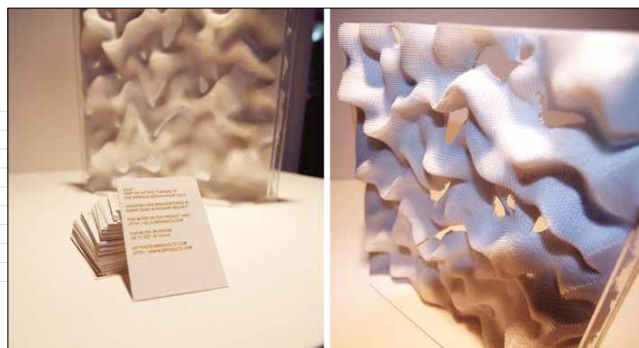


Рис. 3. Художественный проект, который представили Sarat Babu, Richard Beckett и Vasilis Chlorokostas

редактор, удобный в работе и интуитивно понятный.

Такой подход позволяет быстро получать сложнейшие детали с удивительными свойствами, а также с необычной эстетикой. На иллюстрациях представлена пористая структура прагматичного костного импланта (**рис. 2**) и произведение современного искусства от *Sarat Babu, Richard Beckett* и *Vasilis Chlorokostas* (**рис. 3**).

Рассмотрим еще один метод оптимизации деталей – **Generative Design** (“порождающее моделирование” или оптимизация топологии деталей). При использовании этой технологии система сама создает форму детали, исходя из заданных человеком пространственных и нагрузочных условий. В портфеле решений *Autodesk* этот функционал появился уже относительно давно; раньше он назывался “проект *DreamCatcher*”. Упрощенный функционал порождающего моделирования уже давно входит в состав *Autodesk Inventor Professional*, а недавно эти функции появились и у *Autodesk Netfabb*. (Правильнее будет сказать, что сам проект *DreamCatcher* теперь полностью перекочевал в *Netfabb*. Отдельно он больше не существует, а в *Netfabb* уже сейчас функционал доступен некоторым пользователям для предварительного тестирования. Но, как обещают разработчики, скоро станет неотъемлемой частью пакета.)

Решение *Autodesk Netfabb*, оснащенное технологией оптимизации топологии, самостоятельно “изобретает” для конструктора форму детали под заданные им условия её функционирования. Причем, делает это так, как никогда не пришло бы в голову самому человеку. В результате часто получаются красивейшие

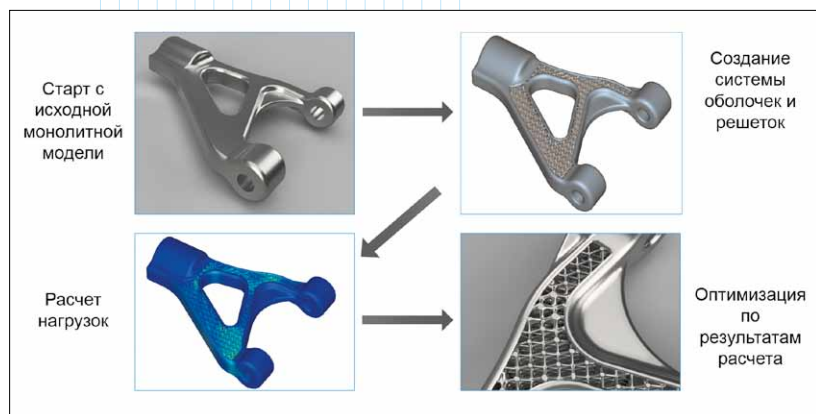


Рис. 1. Процесс оптимизации структуры крепежного элемента

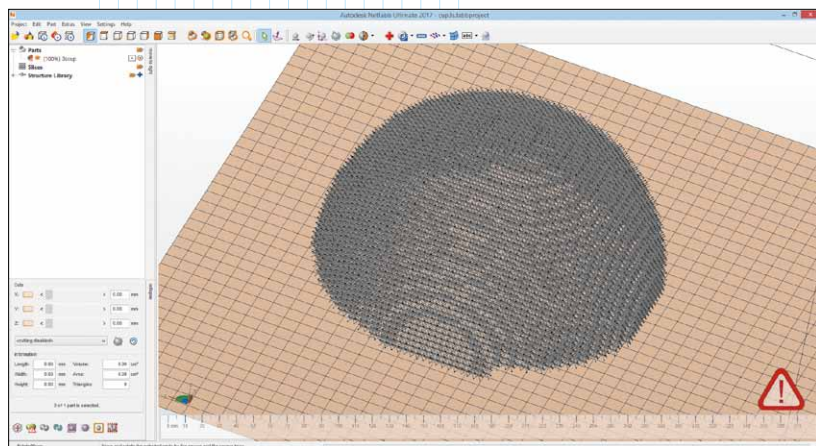


Рис. 2. Пористый костный имплант



Рис. 4. Примеры сгенерированных компьютером форм изделий

Поддержки бывают разных типов: прямые, ветвящиеся, древовидные, стеновые, объемные или комбинированные.

Кроме того, система *Netfabb* даже может сама предложить оптимальные варианты

бионические формы – дикий природный дизайн (рис. 4).

Почему этот функционал включен именно в состав *Netfabb* – решения для аддитивного производства? Очевидно, что такие формы просто невозможно изготовить обычными средствами традиционного производства. Ни один суперсовременный фрезерный станок с ЧПУ не справится с такой сложной деталью, сколько бы управляемых осей у него ни было. Здесь применима только трехмерная печать, которая может воплотить эту надежную и одновременно легкую деталь за одну операцию. Вся уникальная форма детали ориентирована на поддержание прочности – каждый кубический сантиметр материала будет расположен там, где он необходим. Ни одного лишнего грамма.

3. Подготовка к печати

Рассмотрим область функционала *Netfabb*, связанную с непосредственной подготовкой уже готовой модели к печати на аддитивном оборудовании.

Начнем с совершенно необходимого – **структуры поддержек** для тех частей детали, которые нависают над платформой, не имея снизу уже пропечатанного материала (рис. 5). Чтобы эти части при печати не отвалились или не покособили всю модель, под ними формируют временные – тонкие и легко удаляемые после печати – структуры, называемые поддержками. В среде *Netfabb* такие поддержки, в большинстве случаев, можно создавать автоматически. Хотя, конечно, инструменты ручного моделирования и редактирования тоже предусмотрены.



Рис. 5. Модели деталей с поддержками

ты ориентации детали при печати, исходя из соотношения объема поддержек, общей поддерживаемой площади и общего времени печати. Пользователю останется только выбрать наиболее подходящий вариант ориентации из предложенного списка.

Следующий момент касается **пакования** – размещения нескольких моделей в рабочем пространстве принтера для одновременной печати. Автоматическое пакование в *Netfabb* позволяет достигать небывалой плотности деталей, недостижимой в случае размещения вручную. При этом система делает это несравнимо быстрее человека – за считанные секунды. Благодаря этому, за одну операцию печати можно изготовить максимальное количество деталей, сэкономив не только время, но и материалы.

В *Netfabb* реализованы различные алгоритмы пакования – плоские, трехмерные, контурные. Для технологий печати, не требующих поддержек, детали можно располагать друг над другом, максимально тесно. Вокруг групп мелких деталей можно автоматически генерировать временные легкие коробки, чтобы при извлечении детали не потерялись. При трехмерном размещении *Netfabb* будет следить даже за тем, чтобы детали не сцепились и не переплелись между собой.

В ходе подготовки и настройки печати, *Netfabb* позволяет учитывать параметры и специфику конкретной машины, поскольку в систему включена обширная **библиотека оборудования**. При выборе машины, *Netfabb* автоматически устанавливает необходимые параметры подготовки к печати и ограничивает область построения. Но если вы не найдете в библиотеке свой принтер, его параметры можно задать вручную.

4. Инженерный анализ

Каждому, кто сталкивался с трехмерной печатью, знакомы эти проблемы:

- множество неудачных попыток печати вызывают огромные затраты времени;
- даже после успешной печати иногда вдруг выясняется, что был выбран слишком хрупкий материал для таких тонких стенок детали;
- в процессе проб и ошибок требуется постоянная подстройка моделей, чтобы они, наконец, напечатались как надо;

• чтобы получилось хорошо, всё и всегда приходится печатать несколько раз.

И самое обидное здесь заключается в том, что все ошибки чаще всего выявляются слишком поздно – когда вы уже потратили деньги, время и материалы.

Само по себе аддитивное производство – дело достаточно тонкое, и с наскока оно чаще всего не даст вам точного соответствия формы детали. Необходима серьезная оптимизация процесса. Без предварительного численного моделирования это, как правило, потребует до десятка, а то и более, пробных попыток печати, каждая из которых не только продолжительная по времени, но и затратна. В некоторых случаях стоимость одной попытки может достигать десятков тысяч долларов. Большая аддитивная машина в состоянии производить сотни деталей за один цикл построения (а это много часов). При этом

одна-единственная ошибка может свести на нет целый цикл и даже повредить саму машину.

Для исследования и имитации процесса 3D-печати из металлов служит аналитический модуль *Netfabb Simulation*. (Следует иметь в виду, что модуль решателя *Autodesk Netfabb Local Simulation* приобретается отдельно. Он может использоваться совместно с версиями *Netfabb Premium* или *Ultimate*. В ближайшее время пользователям этих версий решатель станет доступен и в облачном виде. На момент написания статьи облачный решатель находился в стадии тестирования.)

Аналитический модуль позволяет заранее обнаружить и исключить множество потенциальных проблем. На основании виртуальной имитации процесса печати он предскажет, рассчитает и визуализирует для вас остаточные напряжения и деформации детали, возникающие от неравномерного нагрева в ходе печати. Более того, он предложит автоматически компенсировать эти деформации, особым образом изменив модель перед печатью. *Netfabb Simulation* может также предсказать разрыв системы поддержек в результате деформации детали. Прогнозирование и заблаговременная компенсация остаточных напряжений и деформаций детали позволяет в разы сократить количество итераций печати, требуемых для получения идеального результата. Естественно, это снижает себестоимость всего производства и радикально ускоряет его.

На рис. 6 показана ситуация, когда структура поддержек оторвалась от детали из-за её деформации. В данном случае дорогостоящую титановую деталь можно просто выбросить.

Другой пример (рис. 7) иллюстрирует, как деформация детали привела к столкновению с покрывным ножом принтера и его повреждению. Машина после этого инцидента надолго выбыла из строя, и потребовался дорогостоящий ремонт. Расчетный модуль *Netfabb Simulation*, как видите, вполне мог предсказать эту ситуацию, но в данном случае его возможностями, к сожалению, не воспользовались своевременно.

Следующая иллюстрация (рис. 8) показывает еще один пример разрыва системы поддержек детали и результаты анализа (к сожалению, тоже запоздалого), который мог бы предотвратить эту ситуацию.

В конце этапа подготовки модели к печати, мы получаем, по сути, управляющую программу для аддитивной машины – аналогично тому, как для станков с ЧПУ. Эта программа содержит

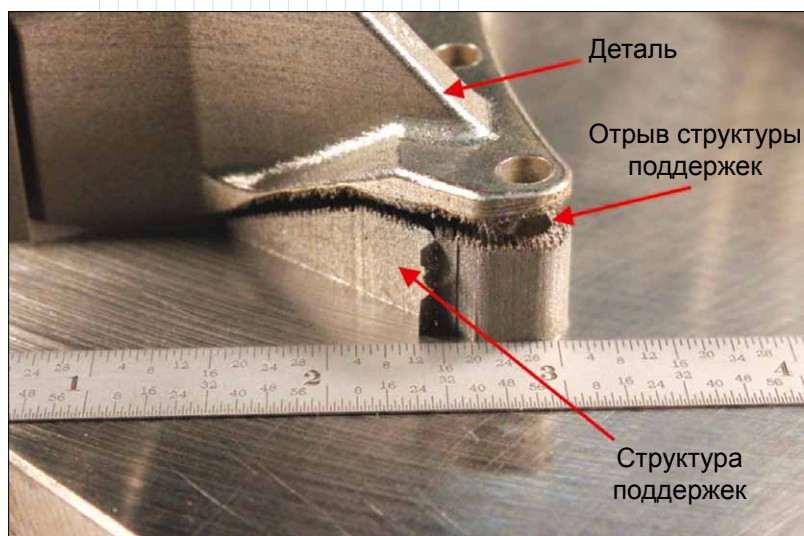


Рис. 6. Пример отрыва поддержек вследствие деформации детали в процессе 3D-печати

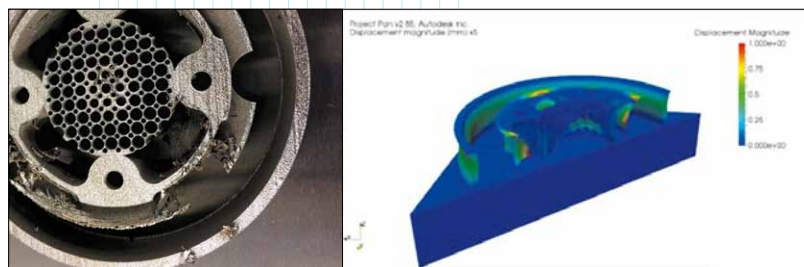


Рис. 7. Деформация детали привела к столкновению с покрывным ножом 3D-принтера

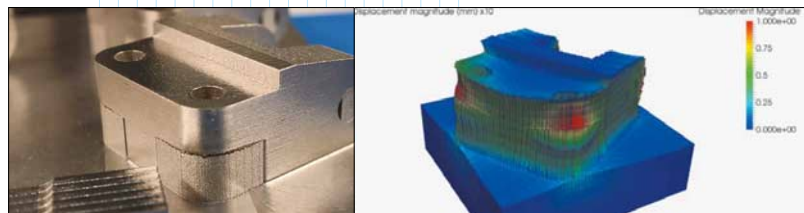


Рис. 8. Пример разрыва системы поддержек

траекторию инструмента, стратегии (паттерны) заполнения сплошных участков, режимы работы луча (например, мощность, скорость, фокус). В системе *Autodesk Netfabb* имеется мощный низкоуровневый редактор УП, позволяющий тонко настраивать работу машины с вашей деталью – на уровне машинных кодов, но в интуитивно понятном дружественном интерфейсе.

5. Завершающая обработка после печати

Последний этап работы, завершающий процесс 3D-печати, – финальная обработка и контрольные измерения готовой детали. Решение *Autodesk Netfabb* способно помочь и в этом.

Так, с помощью встроенной утилиты *PowerShape* (до того, как компания *Autodesk* приобрела *Delcam*, этот продукт назывался *Delcam PowerShape*) можно заранее подготовить на детали легко удаляемые конструктивные элементы, упрощающие последующую доработку. На **рис. 9** показана временная подпорка, облегчающая следующую после печати операцию – сверление отверстий в тонкой наклонной стенке детали.

Кроме того, система *Autodesk Netfabb* способна работать в тесной связке с продуктами *Autodesk*, предназначенными для разработки **управляющих программ** для станков ЧПУ – *Autodesk*

PowerMill и *Autodesk FeatureCAM*, – а также с утилитой поддержки инструментального контроля – *Autodesk PowerInspect*. Совместно эти программные инструменты способны на порядок ускорить процесс завершающей обработки деталей.

Комплектация *Autodesk Netfabb*

Решение *Autodesk Netfabb* поставляется в трех вариантах – по нарастанию функциональности (и, соответственно, стоимости):

- *Netfabb Standard* – решение начального уровня, предназначенное для исправления 3D-моделей, их размещения в рабочем пространстве принтера и простейшей подготовки модели к печати;
- *Netfabb Premium* – кроме описанного выше, этот вариант способен автоматически работать с поддержками, автоматически паковать детали в рабочее пространство принтера. Можно подключать отдельно приобретаемый модуль имитации и анализа процессов печати.
- *Netfabb Ultimate* – этот комплект, помимо всего перечисленного, предлагает возможности оптимизации формы и структуры деталей.

Безусловно, это лишь краткое описание разнообразия возможностей *Autodesk Netfabb*. Более подробное сравнение версий имеется на нашей домашней странице: <https://www.pointcad.ru/product/autodesk-netfabb/sravnenie-versij-autodesk-netfabb>.

Заключение

Подведем итоги всего, о чём мы поговорили. Итак, решение *Autodesk Netfabb* способно помочь пользователям практически на каждом этапе работы в области аддитивного производства – от момента выхода 3D-модели из среды САПР и вплоть до входа управляющей программы в 3D-принтер, и даже дальше, на этапе завершающей обработки. С помощью *Netfabb* мы можем оптимизировать геометрию и внутреннюю структуру детали, подготовить её к печати, заранее проанализировать процесс печати, чтобы избежать дорогостоящих натуральных ошибок, а также подготовить УП для завершающей обработки и контрольных измерений отпечатанной детали.

В пути важен каждый из составляющих его шагов, и одна заминка в ходе сложного процесса задержит его целиком. Особенно это заметно на больших проектах, где таких шагов великое множество. Долгая подготовка моделей к 3D-печати или множество неудачных попыток печати значительно повышают длительность всего процесса и стоимость производства. С помощью *Autodesk*

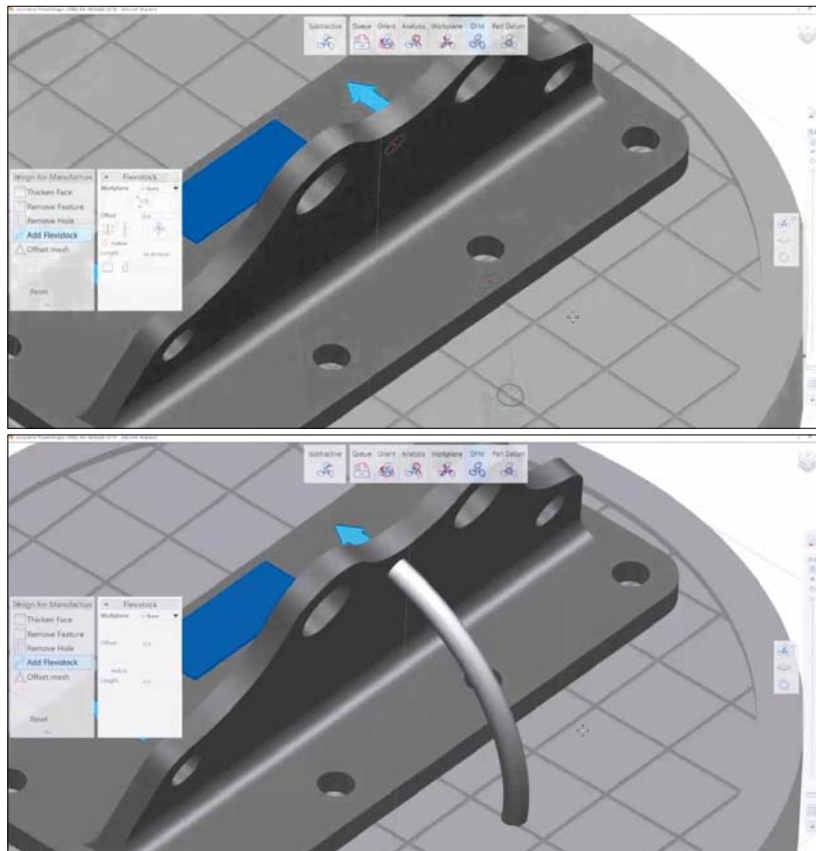


Рис. 9. Моделирование временной подпорки для упрощения операции сверления

Netfabb можно не только быстрее готовить модели к печати, но и быстро и без ошибок печатать их наиболее эффективным способом. Это решение “всё в одном” в области аддитивного производства оснащено всем необходимым функционалом:

- *Netfabb* поможет вам вывести аддитивные технологии на вашем предприятии на новый уровень: улучшить функциональность изделий (масса, вес, технологичность); упростить производство путем укрупнения деталей и снижения затрат; сделать ваши продукты лидерами инноваций, благодаря почти неограниченной свободе проектирования под аддитивное производство.

- Структуры заполнения деталей переменной плотности позволяют оптимизировать расход материалов и снизить массу, а также наделять изделия новыми свойствами – упругостью, пористостью, измененной теплопроводностью и др. Инструменты оптимизации топологии помогут создавать еще более уникальные продукты по соотношению прочность/масса. Более того, эти два метода оптимизации можно совмещать в одной детали, получая еще больший эффект.

- Средства инженерного анализа и имитации процессов печати из металлов радикально удешевят и ускорят процесс производства, исключив множество ошибок еще тогда, когда на них не потрачено ни одного рубля, ни одного часа работы машин, ни одного киловатта энергии.

- Инструменты автоматизации создания структуры поддержек, автоматического пакования множества деталей в рабочее пространство принтера и тонкой настройки управляющих программ еще больше ускорят и удешевят производство.

- Прямая поддержка форматов распространенных САПР избавляет от необходимости тратить на приобретение их лицензий или средств конвертации. Имеющиеся возможности исправления и редактирования геометрии дополняют копилку средств повышения эффективности подготовительных работ, причем с учетом специфики конкретных 3D-принтеров, имеющихся на предприятии.

Таким образом, *Autodesk Netfabb* представляет собой комплексное решение, которое позволит получить максимальную отдачу от аддитивных технологий. 🍀

◆ Выставки ◆ Конференции ◆ Семинары ◆

Время принять верное решение

Создаем новые перспективы

Факторы успешного бизнеса

Промышленный форум в Алматы



www.mashexpo.kz



ВЫСТАВКА МАШИНОСТРОЕНИЕ МЕТАЛЛООБРАБОТКА

29-31 мая 2018

Казахстан, Алматы, ВЦ «Атакент»

Официальная поддержка:



Министерство
по инвестициям и развитию
Республики Казахстан



Союз машиностроения
Республики Казахстан

Организатор:



Международная
Выставочная Компания

Координаты организатора:

МВК «Атакент-Экспо»
Республика Казахстан
050057 г. Алматы, ул. Тимирязева, 42
Тел./факс: +7 (727) 2750911, 2751357
E-mail: aigul@atakentexpo.kz, aigul@akr.kz,
powerkazindustry@mail.ru
www.atakentexpo.kz